

#3 *RP*  
8/16/04

862.C2328

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:	)	
	:	Examiner: Unassigned
Hiroto YOSHII	)	
	:	Group Art Unit: Unassigned
Appln. No.: 09/924,985	)	
	:	
Filed: August 9, 2001	)	
	:	
For: INFORMATION PROCESSING METHOD)		October 26, 2001
AND APPARATUS	:	

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicant hereby claims priority under the International Convention and all rights to which he is entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Applications:

JAPAN	2000-247641	August 17, 2000
JAPAN	2001-226354	July 26, 2001.

Certified copies of the priority document, with their English translations of the cover page, are enclosed.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

Michael E. Kardos  
Attorney for Applicants

Registration No. 42,758

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200  
BLKMEK\cmv

09/924,985  
Hiroto YOSHIMI  
August 9, 2001

(translation of the front page of the priority document of  
Japanese Patent Application No. 2000-247641)

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: August 17, 2000

Application Number : Patent Application 2000-247641

Applicant(s) : Canon Kabushiki Kaisha

August 31, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-3079495

CF11 2328  
US

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-247641

出 願 人

Applicant(s):

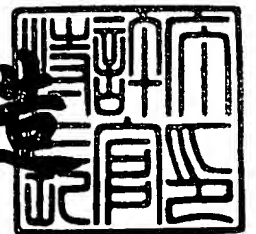
キヤノン株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出願番号 出願特2001-3079495

【書類名】 特許願

【整理番号】 3924063

【提出日】 平成12年 8月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06K 9/70

【発明の名称】 情報処理方法、情報処理装置及び記録媒体

【請求項の数】 11

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 吉井 裕人

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100076428

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康徳

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100101306

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 丸山 幸雄

    【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

    【識別番号】 100115071

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大塚 康弘

    【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001010

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 情報処理方法、情報処理装置及び記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を  
分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理方法であって、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成工程と、

前記線形結合特徴量作成工程によって作成された新たな特徴量を予め断層的に  
断片化する断層化前処理工程と、

前記断層化前処理工程において処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成工程と、  
を含む情報処理方法。

【請求項 2】 前記線形結合特徴量作成工程において、線形結合の係数を予め固定した係数の組から選ぶことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理方法。

【請求項 3】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を  
分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理装置であって、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成手段と、

前記線形結合特徴量作成手段によって作成された新たな特徴量を予め断層的に  
断片化する断層化前処理手段と、

前記断層化前処理手段によって処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成手段と、  
を備えたことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 4】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を  
分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成するために、コンピュータを、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成手段、

前記線形結合特徴量作成手段によって作成された新たな特徴量を予め断層的に  
断片化する断層化前処理手段、

前記断層化前処理手段によって処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成手段、  
として機能させるプログラムを記録した記録媒体。

【請求項5】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理方法であって、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する工程と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する工程と、を含むことを特徴とする情報処理方法。

【請求項6】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する分類木作成工程と、入力されたパターンを前記分類木に基づいて認識する工程と、を含む情報処理方法であって、

前記分類木作成工程が、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する工程と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する工程と、を含むことを特徴とする情報処理方法。

【請求項7】 前記学習パターンが、画像、音声、若しくは、文字のいずれかのパターンであることを特徴とする請求項5又は6に記載の情報処理方法。

【請求項8】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理装置であって、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手段と、



前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段と、  
を備えたことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 9】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、  
所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する分類木作成  
手段と、入力されたパターンを前記分類木に基づいて認識する手段と、を備え  
た情報処理装置であって、

前記分類木作成手段が、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として  
得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手  
段と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段と、  
を備えたことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 10】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間  
を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成するために  
、コンピュータを、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として  
得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手  
段、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段、  
として機能させるプログラムを記録した記録媒体。

【請求項 11】 コンピュータを、

学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で  
分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する分類木作成手段、

入力されたパターンを前記分類木に基づいて認識する手段、  
として機能させるプログラムを記録した記録媒体であって、

前記分類木作成手段が、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として  
得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手  
段と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段と、  
を有することを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は画像、文字、音声等のパターンを認識する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

パターン認識問題全般に適用可能なカテゴリー判別アルゴリズムとして、いわゆる分類木が広く用いられている。一般にパターン認識問題とは、「特徴空間の中の点集合として学習パターンが与えられた時、特徴空間内のある点として表現されるテストパターンがどのカテゴリーに属するかを判別する問題」という定式化ができる。

【0003】

長年にわたって、このパターン認識問題に対する数々のアルゴリズムが提案されてきたが、中でも分類木は非常にポピュラーなアルゴリズムであり、それらは特徴空間上でカテゴリー領域を分別する境界を決定するアルゴリズムということがいえる。そして、分類木は、上記のカテゴリー判別境界として特徴空間の特徴量軸（次元軸ともいう。）に直交する超平面を採用するアルゴリズムと、特徴空間を曲面で分断する超曲面を採用するアルゴリズムとに大別され、最適な分類木を作成する観点から一般には超曲面を採用するアルゴリズムが用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、カテゴリー判別境界として超曲面によるアルゴリズムを採用すると、分類木の作成上、非常に多くの計算時間が必要となるという問題が存在した。

【0005】

従って、本発明の主たる目的は、比較的計算時間が少なく、かつ、良好な分類木を作成し得る情報処理方法、情報処理装置及び記録媒体を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理方法であって、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成工程と、

前記線形結合特徴量作成工程によって作成された新たな特徴量を予め断層的に断片化する断層化前処理工程と、

前記断層化前処理工程において処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成工程と、

を含む情報処理方法が提供される。

【 0 0 0 7 】

本発明においては、前記線形結合特徴量作成工程において、線形結合の係数を予め固定した係数の組から選ぶこともできる。

【 0 0 0 8 】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理装置であって、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成手段と、

前記線形結合特徴量作成手段によって作成された新たな特徴量を予め断層的に断片化する断層化前処理手段と、

前記断層化前処理手段によって処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成手段と、

を備えたことを特徴とする情報処理装置が提供される。

【 0 0 0 9 】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成するために、コンピュー

タを、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成手段、

前記線形結合特徴量作成手段によって作成された新たな特徴量を予め断層的に断片化する断層化前処理手段、

前記断層化前処理手段によって処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成手段、

として機能させるプログラムを記録した記録媒体が提供される。

#### 【0010】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理方法であって、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する工程と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する工程と、を含むことを特徴とする情報処理方法が提供される。

#### 【0011】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する分類木作成工程と、入力されたパターンを前記分類木に基づいて認識する工程と、を含む情報処理方法であって、

前記分類木作成工程が、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する工程と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する工程と、を含むことを特徴とする情報処理方法が提供される。

#### 【0012】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理装置であって、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手段と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段と、を備えたことを特徴とする情報処理装置が提供される。

【 0 0 1 3 】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する分類木作成手段と、入力されたパターンを前記分類木に基づいて認識する手段と、を備えた情報処理装置であって、

前記分類木作成手段が、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手段と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段と、を備えたことを特徴とする情報処理装置が提供される。

【 0 0 1 4 】

また、本発明によれば、学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成するために、コンピュータを、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手段、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段、として機能させるプログラムを記録した記録媒体が提供される。

【 0 0 1 5 】

また、本発明によれば、コンピュータを、

学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を、所定の超平面で  
分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する分類木作成手段、

入力されたパターンを前記分類木に基づいて認識する手段、  
として機能させるプログラムを記録した記録媒体であって、

前記分類木作成手段が、

予め設定された、各特徴量軸に直交する超平面と、複数の特徴量を変数として  
得た超平面と、の中からいずれかの超平面を選択し、前記特徴空間を分断する手  
段と、

前記分断に従って子ノードの分岐を定め、分類木を作成する手段と、  
を有することを特徴とする記録媒体が提供される。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の好適な実施の形態を説明する。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、本発明の一実施形態に係る情報処理装置の構成を示すブロック図であ  
る。該情報処理装置は、パターン入力装置 2 0 1 と、表示装置 2 0 2 と、中央処  
理装置 (CPU) 2 0 3 と、メモリ 2 0 4 と、から構成される。

【 0 0 1 8 】

パターン入力装置 2 0 1 は、学習パターンや、認識するパターンを入力するた  
めの装置であり、例えば、オンライン文字認識ならば、デジタイザとペンを有し  
、デジタイザの上にペンによって入力された文字や図形の座標データを CPU 2  
0 3 に渡すものを挙げることができ、或いは、スキャナー、マイク等、認識の対  
象となるパターンが入力できるものならば如何なるものも採用することができる  
。学習パターンや認識するパターンとしては、画像、音声、若しくは、文字等を  
挙げることができる。

【 0 0 1 9 】

表示装置 2 0 2 は、パターン入力装置 2 0 1 に入力されたパターンデータや C  
PU 2 0 3 が認識した結果を表示するもので、CRT 及び表示に必要な各種のデ

バイスからなるものを挙げることができる。

【 0 0 2 0 】

CPU 2 0 3 は、メモリ 2 0 4 に格納されたプログラムに従って、後で説明する分類木の作成や、入力されたパターンの認識等を行なう他、すべての装置の制御を行なうためのものである。

【 0 0 2 1 】

メモリ 2 0 4 は CPU 2 0 3 が使用する認識プログラムや辞書を記録したり、入力されたパターンデータ、認識プログラムの使用する変数等を一次的に記録等する。

【 0 0 2 2 】

図 1 は、本実施形態における情報処理の手順のうち、特に、分類木を作成する手順を示した図である。1 0 1 は「生の学習パターン」の入力、1 0 2 は「生の学習パターン」の各次元の線形結合（以下、1 次結合ともいう。）によって新たな次元を作成すること、すなわち、各特徴量を変数とする超平面を設定する「1 次結合次元作成ステップ」であり、各特徴量軸に直交する超平面の設定も含まれる。

【 0 0 2 3 】

1 0 3 は 1 次結合次元作成ステップによって作成された超平面の中から選択された超平面により特徴空間を分断する「階層化前処理ステップ」、1 0 4 は階層化前処理された後の「階層化された学習パターン」の出力を示している。

【 0 0 2 4 】

1 0 5 は「階層化された学習パターン」を元に分類木を作成する「分類木作成ステップ」、1 0 6 は「分類木作成ステップ」の結果得られた「分類木」である。これらの手順では、インプットは“生の学習用パターン”で、アウトプットは“分類木”となる。

【 0 0 2 5 】

上記従来の技術でも述べたとおり、一般にパターン認識問題とは、「特徴空間の中の点集合として学習パターンが与えられた時、特徴空間内のある点として表現されるテストパターンがどのカテゴリーに属するかを判別する問題」という定

式化ができる。そして、本実施形態のアルゴリズムは特徴空間上の個々のカテゴリ領域を分別する境界が超平面であることを特徴とするアルゴリズムである。

## 【0026】

ここで、上記102の「生の学習用パターン」を構成する変数の数が $d$ 個( $X_i, i=0, 1, 2, \dots, d-1$ )だったとすると、超平面とは、 $\sum A_i X_i = C$ という式で表される。この式の左辺は変数の一次結合といわれるものである。本実施形態のアルゴリズムは分類木を作成する際に、2つの拘束条件を課している。一つは超平面の係数(式中の $A_i$ )に関する拘束条件で、もう一つは超平面で特徴空間を分断する場所(式中の $C$ )に関する拘束条件である。

## 【0027】

以下、理解し易いように、まず特徴量軸に平行な平面を採用したバージョンを説明した後で、それを一般的な傾きを持った超平面、すなわち、各特徴量を変数とする超平面を更に採用したバージョンへ拡張する。

## 【0028】

図3は、特徴量軸に直交する超平面を用いるバージョンを1次元の認識問題に適用した場合の模式図であり、分類木と特徴空間とを示した図である。

## 【0029】

図が示す通り、分類木を作成するにあたり、あらかじめ特徴空間を所定の超平面で再帰的に分断する。分断箇所は、常に、特徴量軸の中間地点とされる。図下側の数直線が特徴量軸であり、その数直線上の点が個々の学習パターンである。学習パターンは、10個の白丸がカテゴリ-Aのサンプルを表し、10個の黒丸がカテゴリ-Bのサンプルを表す。全てのサンプルは0.0から1.0の範囲に分布している。

## 【0030】

まず初めに、中間地点0.5の場所で特徴空間を分断する。これにより2つの区間 $[0.0, 0.5]$ ,  $[0.5, 1.0]$ が得られる。次に、この2つの区間をそれぞれ中間地点で分断する。そして、4つの区間 $[0.0, 0.25]$ ,  $[0.25, 0.5]$ ,  $[0.5, 0.75]$ ,  $[0.75, 1.0]$ が作成される。このようにして、特徴空間の分断は再帰的に行われる。



## 【0031】

分類木を作成する際、上記の最初の切断点0.5をまずチェックし、次に第2グループの切断点0.25と0.75、次に第3グループの切断点、0.125, 0.375, 0.615, 0.875をチェックするようにする。こうして得られた分類木が図3の上側の図である。

## 【0032】

同図の分類木において、四角はインターナルノードを示し、その中に書かれた数字はノードの番号を表す。白い丸と黒い丸は、それぞれカテゴリーA、カテゴリーBのリーフノードを示す。図が示すとおり、ルートノードにおいて全ての学習パターンは0.5未満のサンプルと0.5以上のサンプルに分割される。

## 【0033】

そして、2番のインターナルノードは11サンプルを含み、3番のインターナルノードは9サンプルを含むことになる。もし、これらのノードが複数のカテゴリーに属するサンプルを含む場合、インターナルノードとなり更に中間地点での分断を続けていくことになる。

## 【0034】

そして、最終的に全てのノードが単一のカテゴリーに属するサンプルしか含まない(=リーフノード)状態になった時、分類木作成を終了する。結果として、図3上に示すように、5つのインターナルノードと6つのリーフノードが作成される。

## 【0035】

このアルゴリズムのキーポイントは、特徴空間の分断を、最初、大局的な観点より行い、必要があれば、どんどん特徴空間の分割を細密化していくことにある。そして、学習パターンを徹底的に分別する分類木が作成され、理論的には学習パターンに対する認識率は100%になるのである。

## 【0036】

次に、特徴量軸に直交する超平面を採用したバージョンを2次元認識問題に適用した例を示す。図4は、係る2次元認識問題における分類木と特徴空間とを示した図である。1次元認識問題と同様に、あらかじめ特徴空間を、x軸y軸それ

ぞれの特徴量軸について直交する超平面により再帰的に分割する。

#### 【0037】

図4の下側に示した通り、32個のカテゴリ-Aのサンプルと32個のカテゴリ-Bのサンプルが学習パターンとして与えられている。全ての学習パターンはx軸y軸の0.0から1.0の範囲に分布している。

#### 【0038】

図3と同様、まず初めにx軸y軸それぞれの分布範囲の中間地点( $x=0.5$ ,  $y=0.5$ )で特徴空間を分断する。次に、それぞれ断片化された区間の中間地点( $x=0.25$ ,  $x=0.75$ ,  $y=0.25$ ,  $y=0.75$ )で分断する。そして更にそれぞれの区間の中間地点( $x=0.125$ ,  $x=0.375$ ,  $x=0.615$ ,  $x=0.875$ ,  $y=0.125$ ,  $y=0.375$ ,  $y=0.615$ ,  $y=0.875$ )で分断する。こうして、最終的には $8*8=64$ の区間が得られることになる。

#### 【0039】

特徴空間の次元が1つしかない場合は、本アルゴリズムを用いて分類木を作成する際に何の不確定要素も入ってこない。ところが、2次元認識問題の場合は、それぞれのインターナルノードでx軸とy軸のどちらの次元を選ぶかということを決定する必要がある。

#### 【0040】

例えば、ルートノードにおいては、2つの中間地点( $x=0.5$ と $y=0.5$ )のどちらで学習パターンを分ければよいかを決定しなければいけない。これを決定する指標としては、例えば、“相互情報量”を採用することができる。これは、エントロピー $-\sum p * \log(p)$ の減少量の期待値である。(詳細は文献L.Breiman, J.H.Friedman, R.A.Olshen, and C.J.Stone, Classification and Regression Trees, Chapman & Hall Inc. New York, NY, 1993の32ページを参照。)

なお、本アルゴリズムはこの指数として相互情報量を採用することを特徴とするわけではない。すなわち、カテゴリの混じり具合を反映し、より効率のよい分割が判断できる指数であれば、どんな式を用いてもかまわない。更に言えば、図3に述べた例にも示した通り、この“指数を使って次元を選ぶ”という処理は

、必ずしも必要としない場合も有りうる。

#### 【0041】

以下、次元を選ぶ具体的なプロセスを図4を用いて示す。ルートノードでのカテゴリーのバランスは(A:32 B:32 entropy:0.69)となっている。そこで、 $x=0.5$ の超平面で特徴空間を分断した場合、それぞれの子ノードのカテゴリーのバランスは(A:5 B:25 entropy:0.45)と(A:27 B:7 entropy:0.51)になる。

#### 【0042】

そして、 $y=0.5$ の超平面で特徴空間を分断した場合、バランスは(A:20 B:7 entropy:0.57)と(A:12 B:25 entropy:0.63)となる。ルートノードにおいて、上記の2つの選択肢があるわけであるが、エントロピーを分類効率の指数として、効率がよい方を選ぶわけである。前者の場合、エントロピー減少の期待値は $(30/64*0.45 + 34/64*0.51) - 0.69 = 0.21$ となり、後者の場合、 $(27/64*0.57 + 37/64*0.63) - 0.69 = 0.09$ となる。よって、前者の $x=0.5$ の超平面で学習パターンを分けることを選択するわけである。

#### 【0043】

そして全てのインターナルノードにおいて、 $x$ 軸に直交する超平面で分断するのが良いか、 $y$ 軸に直交する超平面で分断するのが良いかを評価していく。

#### 【0044】

図4のインターナルノードの右側に表示されている式は、そのノードで使用した超平面である判別直線を示す。これは、図4下の太い線で書かれた特徴空間上の直線に相当する。一般的に言って、全てのインターナルノードにおいて“相互情報量”を計算しなければいけないのであるが、判別点を固定してあるので、本アルゴリズムは極めて少ない計算量しか必要としないわけである。

#### 【0045】

次に、一般斜平面、すなわち複数の特徴量を変数とする(各次元の1次結合又は線形結合)超平面を更に採用したバージョンを2次元認識問題に適用した例を示す。図5は、係る2次元認識問題における分類木と特徴空間とを示した図であ

る。

#### 【0046】

ここで、特徴量軸に直交する超平面は一般斜超平面の特別な場合と考えることができる。つまり、複数の特徴量を変数として、各変数に付される係数について、ある一つの係数を除いて全ての係数を0に固定すると、特徴量軸に直交する超平面が得られる。

#### 【0047】

同様に、特徴空間の次元の線形結合における係数を、ある特定の集合から選ぶという拘束条件をかけることによって、完全に自由な超平面の選び方には及ばないものの、特徴量軸に直交する超平面に比べると、よりフレキシブルな超平面が分別境界として利用できるわけである。

#### 【0048】

図においては、 $\{-1, 0, 1\}$ という3つの値をこの係数集合として選んでいる。よって、全ての線形結合の組は、 $x+y$ ,  $x-y$ ,  $x$ ,  $y$ の4つとなる。なお、全ての係数の組み合わせは、これの2倍になるが、対称性に基づいて半減できる。

#### 【0049】

一般的にいうと、係数集合として上記の3つの値を選ぶと $d$ 次元の認識問題では $(3d-1)/2$ 個の一次結合の組が得られる。そして、一旦、一次結合の組が固定されると、それぞれの一次結合によってできる変数を新しい変数として、それら全てを再帰的に分割していく。そして分類木構築時に、どの変数（一次結合）を使って分別するかを相互情報量を使用して決める。

#### 【0050】

ルートノードでは $x=0.5$ 又は $y=0.5$ 、という特徴量軸に直交する超平面による2つの分断と、 $x+y=1.0$ ,  $x-y=0.0$ という各特徴量を変数とする超平面による2つの分断と、の4つの選択肢があり、以下同様に、第2ノードでは $x=0.75$ ,  $y=0.5$ ,  $x+y=1.0$ ,  $x-y=0.0$ の4つ、第3ノードでは $x=0.25$ ,  $y=0.5$ ,  $x+y=1.0$ ,  $x-y=0.0$ の4つ、そして第4ノードでは $x=0.875$ ,  $y=0.5$ ,  $x+y=1.0$ ,  $x$

$-y = 0$ 。0の4つの選択肢がある。

【0051】

このそれぞれのノードで4つの相互情報量を計算し、もっとも量の大きい超平面を分断面として選択する。

【0052】

最終的に、図5上にあるように、4つのインターナルノードと5つのリーフノードを含む分類木が作成される。

【0053】

このように、本実施形態では、予め設定された超平面を適宜選択して特徴空間を分断するので、超平面をその都度算定する手間が大幅に削減され、比較的計算時間を短くして分類木を作成することができる。

【0054】

次に、上述した手順によって作成された分類木に基づくパターン認識の手順を簡単に説明する。

【0055】

図6は、係るパターン認識の手順を示した図であり、601は認識の対象となる「生の入力パターン」、602は「生の入力パターン」の各次元（特徴量）の一次結合によって新たな次元を作成する「一次結合次元作成ステップ」、603は前記一次結合次元作成ステップによって作成された新たな次元を予め階層的に断片化する「階層化前処理ステップ」、604は階層化前処理された後の「階層化された入力パターン」、606は上述した手順で作成された「分類木」、605は「階層化された入力パターン」と「分類木」とを元にカテゴリーの判別確率を求める「カテゴリー判別ステップ」である。

【0056】

この手順におけるインプットは“生の入力パターン”で、アウトプットは“認識候補”となる。

【0057】

601「生の入力パターン」は、図1の101「生の学習用パターン」対応するもので、認識の対象となるか学習の対象となるか以外に変わりはない。602「

一次結合次元作成ステップ」と603「階層化前処理ステップ」は図1の対応する手順と同様のものである。604「階層化された入力パターン」は、図1の場合は学習パターンの数だけ存在したが、ここでは、入力されたパターンから導き出された1つのみである。

【0058】

605「カテゴリー判別手段」は、604「階層化された入力パターン」に基づき、分類木をたどって葉に到達した時点で、その葉に存在する最も確からしいカテゴリーを認識結果として出力する。また、葉に到達しなかった場合は、最後に通過したノードに含まれるカテゴリー確率を結果として出力する。

【0059】

以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0060】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0061】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、比較的計算時間が少なく、かつ、良好な分類木を作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態における分類木作成の手順を示した図である。

【図2】

本発明の一実施形態に係る情報処理装置の構成例を示すブロック図である。

【図3】

特徴量軸に直交する超平面を用いるバージョンを1次元の認識問題に適用した場合の模式図である。

【図4】

特徴量軸に直交する超平面を用いるバージョンを2次元の認識問題に適用した場合の模式図である。

【図5】

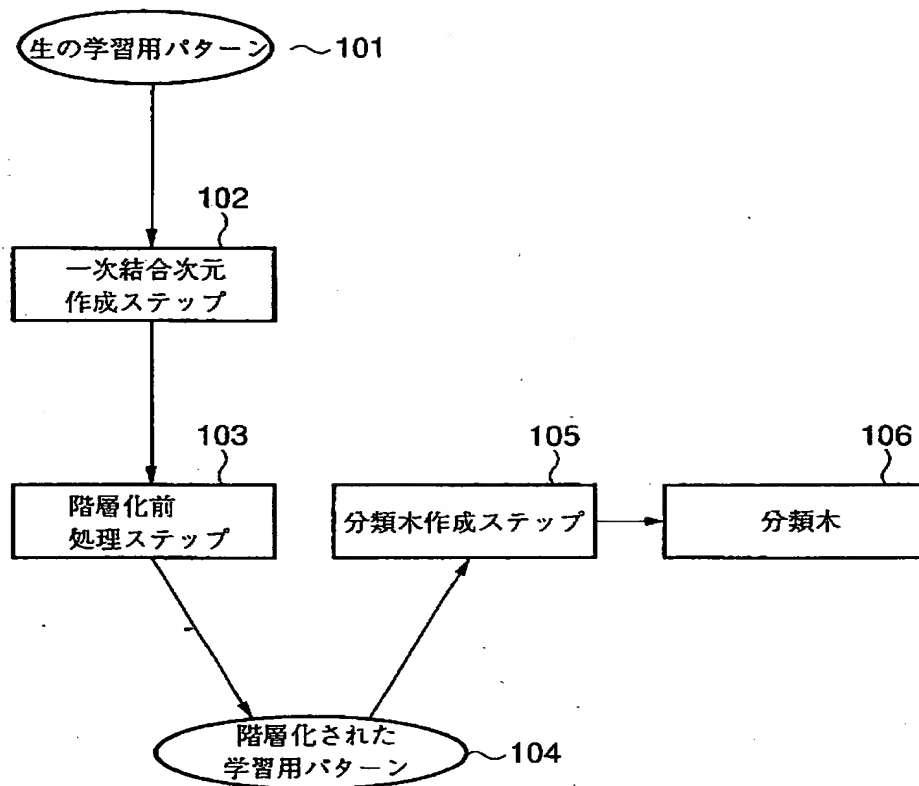
特徴量軸に直交する超平面と複数の特徴量を変数とする超平面とを用いるバージョンを2次元の認識問題に適用した場合の模式図である。

【図6】

本発明の一実施形態におけるパターン認識の手順を示した図である。

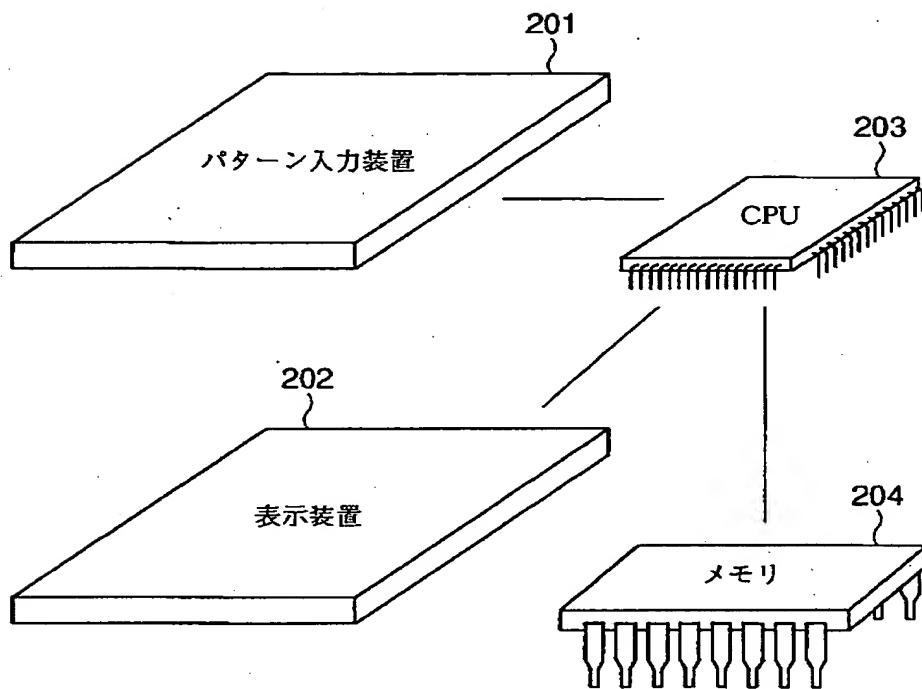
【書類名】 図面

【図1】

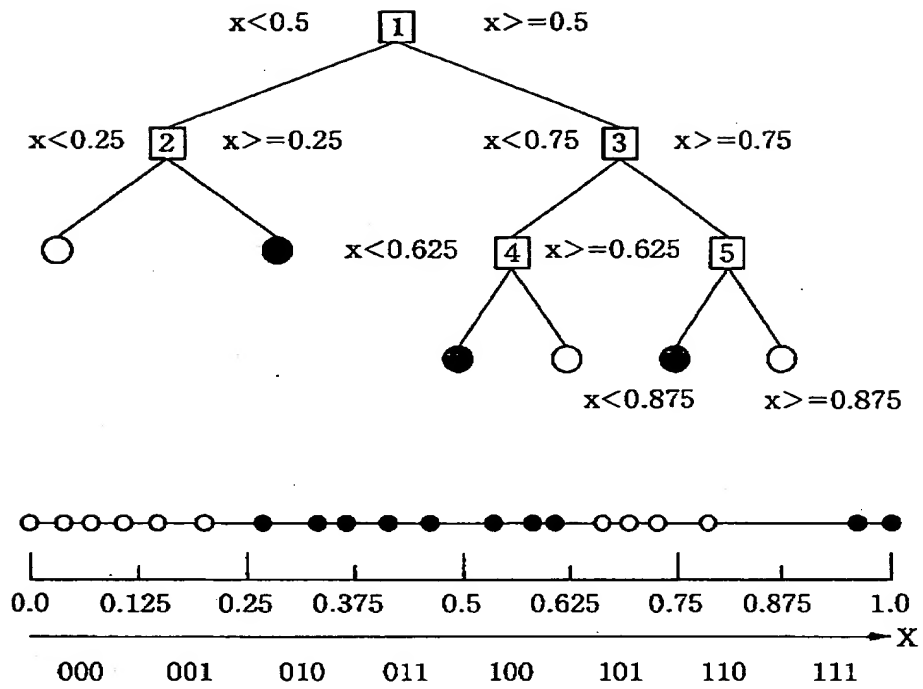




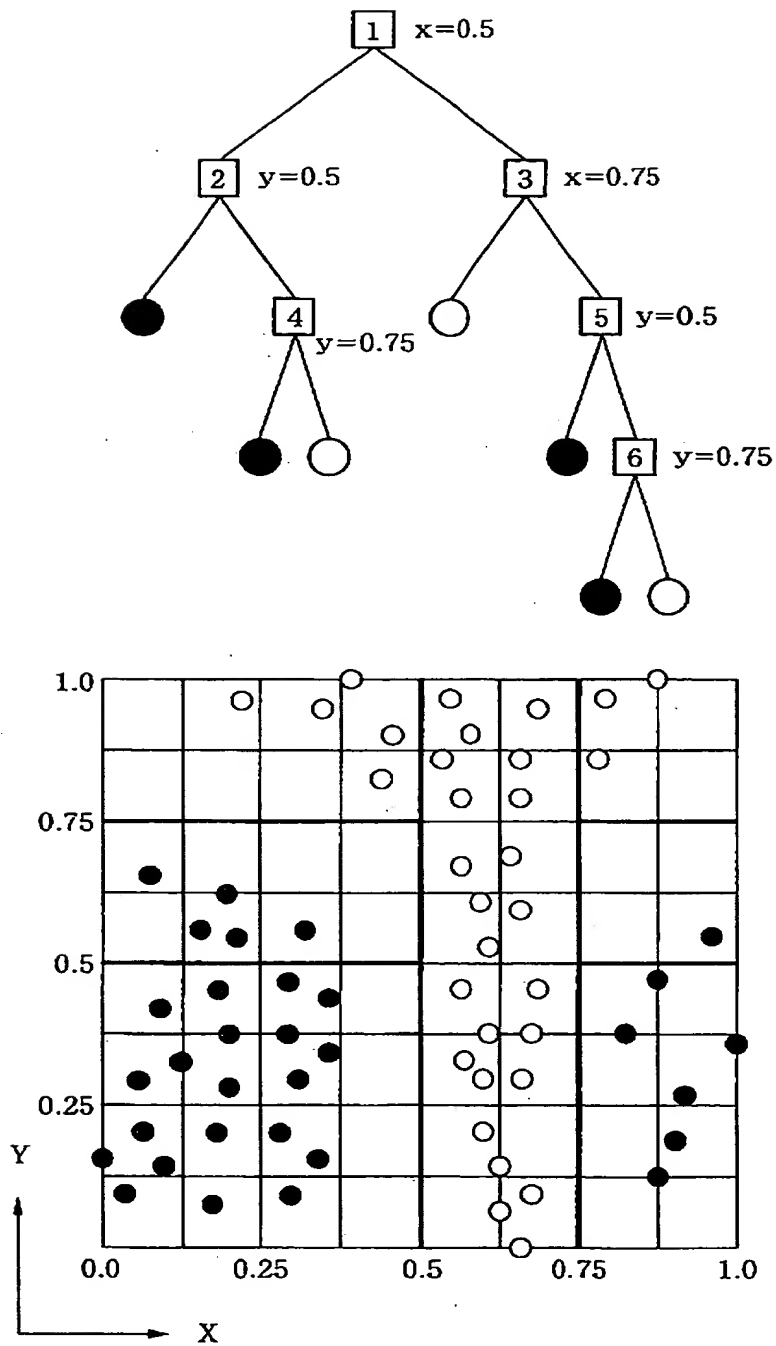
【図 2】



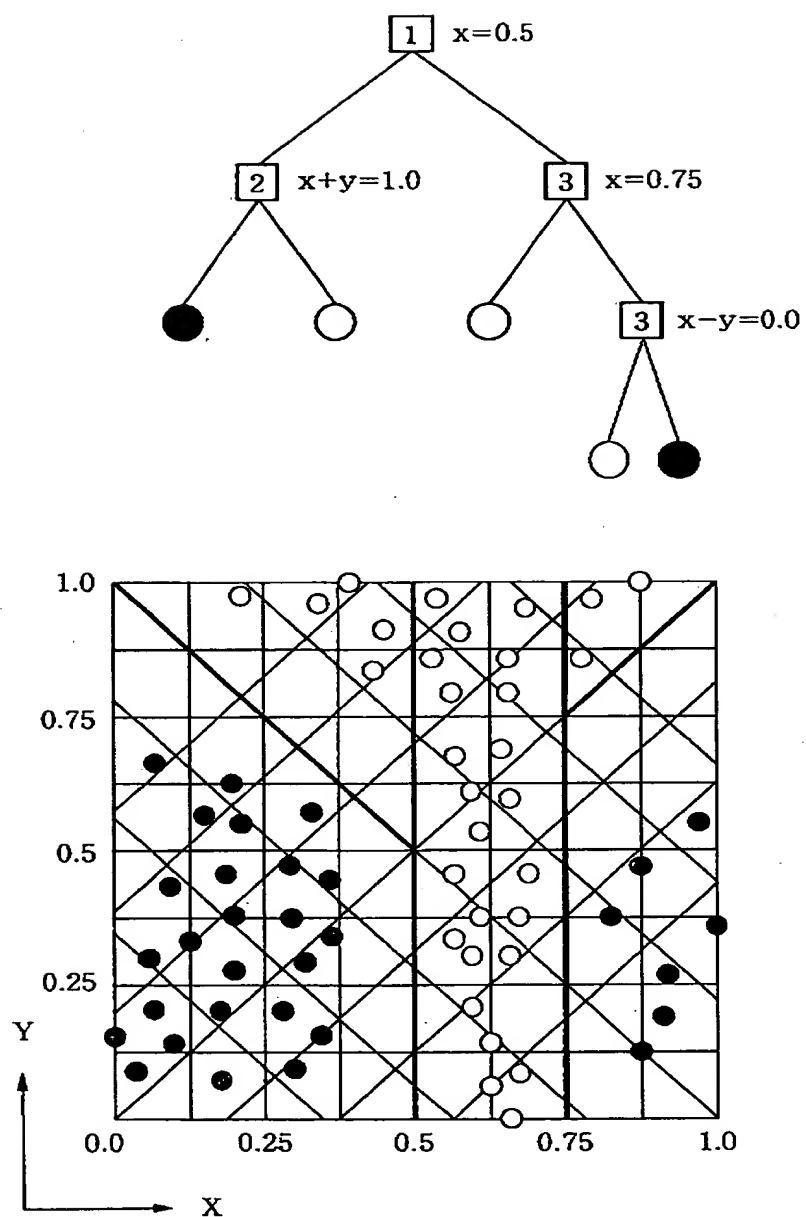
【图 3】



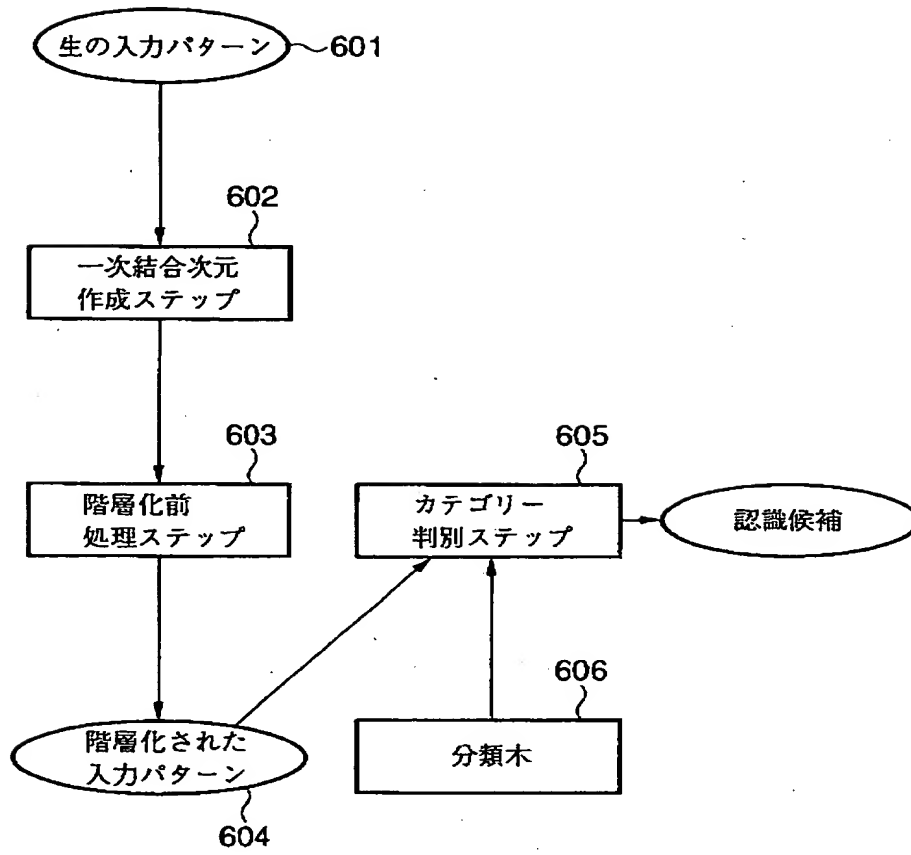
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 比較的計算時間が少なく、かつ、良好な分類木を作成すること。

【解決手段】 学習パターンとして与えられた点集合が存在する特徴空間を分断して前記学習パターンに基づく分類木を作成する情報処理方法であって、

前記学習パターンの特徴量の線形結合によって新たな特徴量を作成する線形結合特徴量作成工程と、前記線形結合特徴量作成工程によって作成された新たな特徴量を予め断層的に断片化する断層化前処理工程と、前記断層化前処理工程において処理された階層化された前記学習パターンに基づいて分類木を作成する分類木作成工程と、を含む情報処理方法。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
氏 名 キヤノン株式会社